

Exercice 1 :

On étudie une ligne de transmission, sans perte, dont l'inductance linéique est $L_l = 0,200 \mu H/m$ et la capacité linéique $C_l = 85,0 pF/m$, de longueur $L = 100 m$. Une onde électromagnétique se propage dans le sens des « x positifs ».

1. Déterminer la célérité v des ondes EM dans ce câble.
2. En déduire la valeur de ϵ_r , la permittivité relative au vide du milieu isolant (diélectrique) constituant la ligne.
3. Le signal sinusoïdal alternatif a une fréquence $f = 10 MHz$: doit-on tenir compte des phénomènes de propagation dans la ligne ? Justifier votre réponse.
4. Déterminer la valeur de l'impédance caractéristique Z_C de la ligne.
5. Déterminer les coefficients de réflexion en bout de ligne de transmission, pour les valeurs suivantes d'impédance en bout de ligne : 0Ω ; $48,5 \Omega$; 10Ω ; $97,0 \Omega$ et $+\infty$
6. Dans quels cas peut-on observer des ondes stationnaires ? des ondes progressives ?

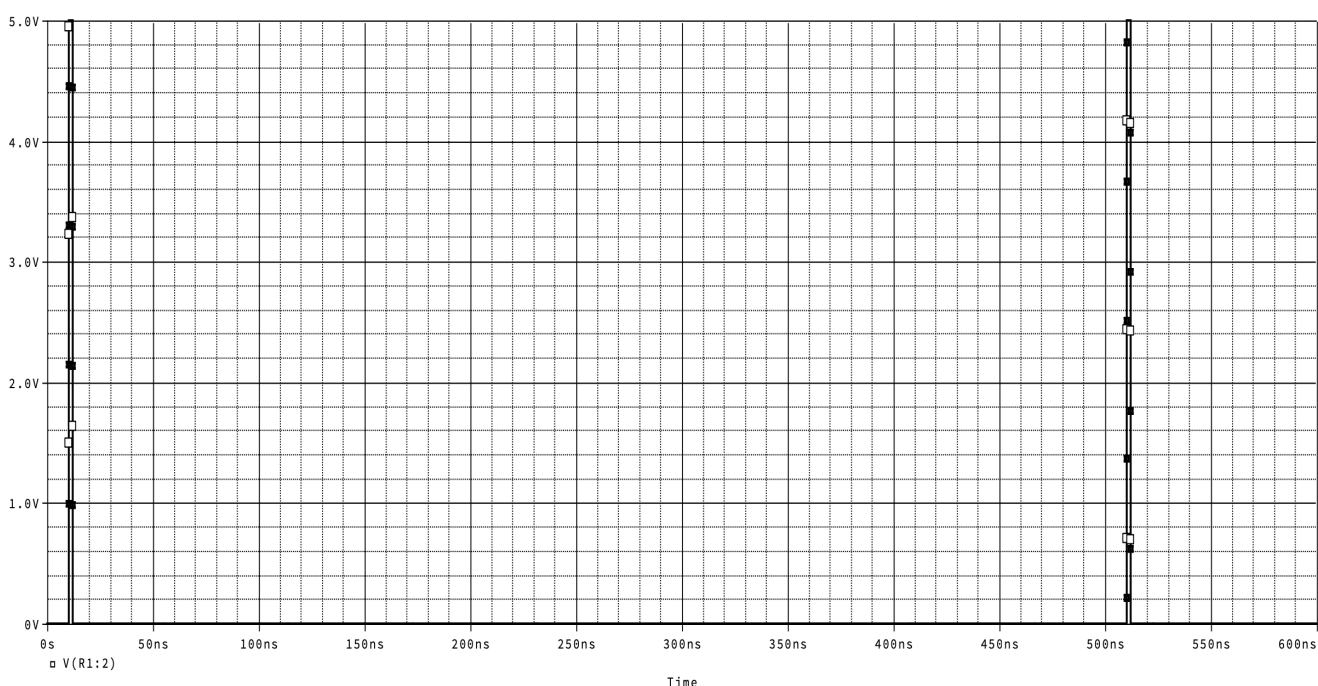
Exercice 2 :

On étudie une ligne de transmission, sans perte, de longueur $L = 50,0 m$. On donne la représentation temporelle du signal en début de ligne (en entrée) pour différents cas. La célérité des ondes électromagnétiques dans la ligne est $v = 2,00 \times 10^8 m/s$ et l'impédance caractéristique de la ligne est $Z_C = 100 \Omega$.

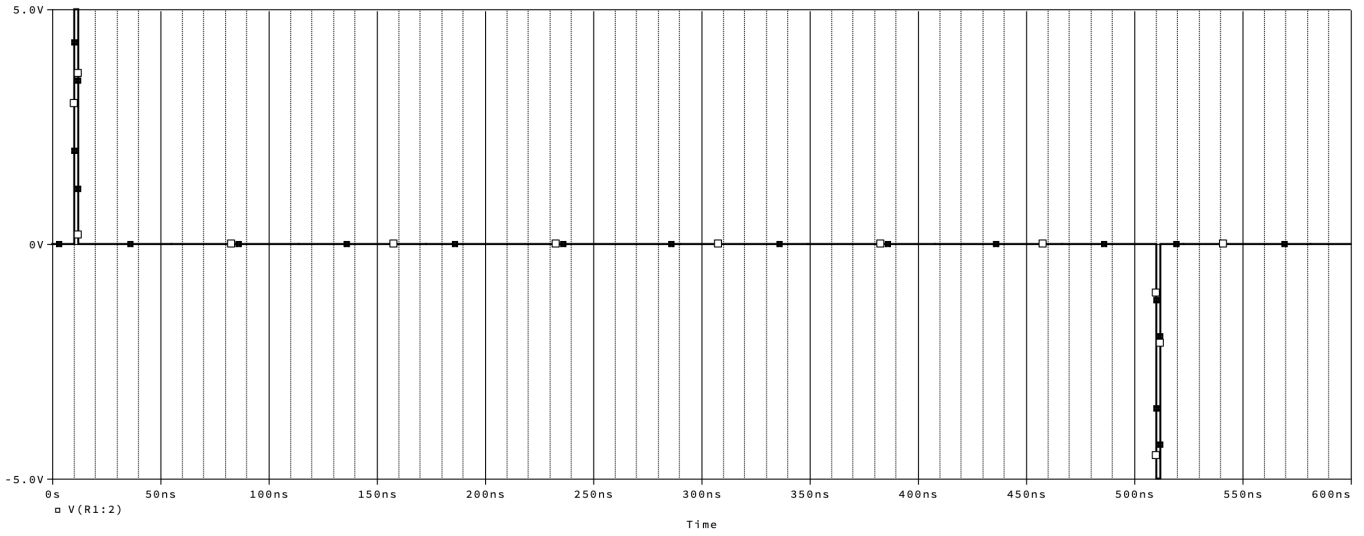
0. Déterminer la durée de propagation Δt , du signal le long de la ligne.

Pour chaque représentation temporelle, répondre aux questions suivantes :

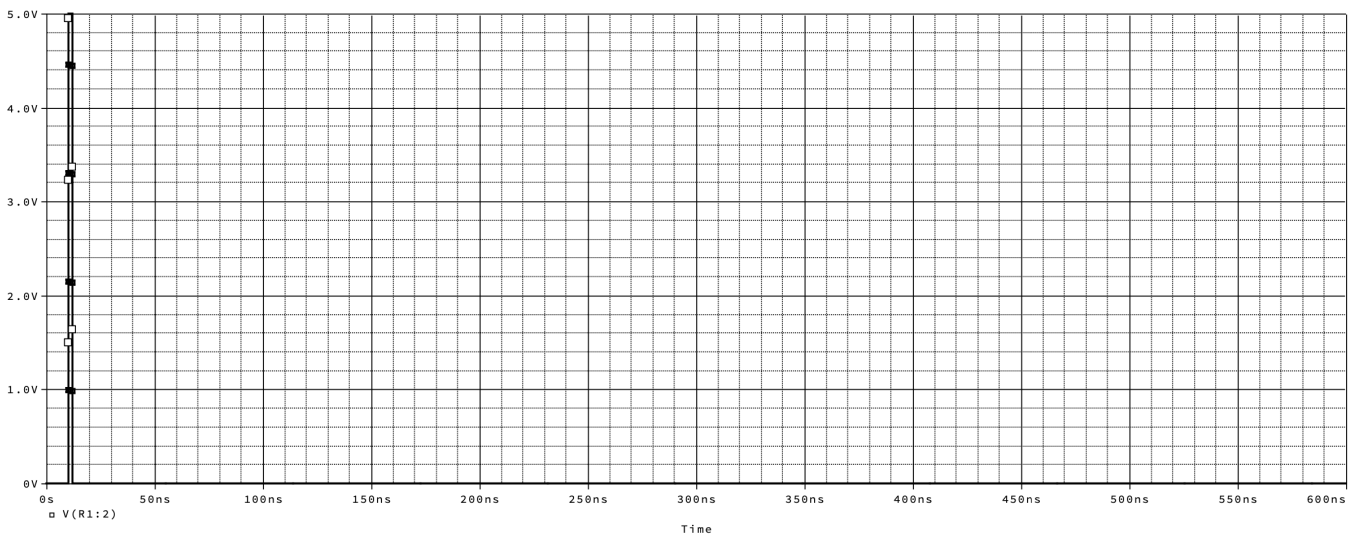
1. Déterminer lorsque c'est possible, si la réflexion est due à un défaut du câble (présent à une distance D) ou à l'impédance en bout de ligne.
2. Déterminer la valeur du coefficient de réflexion, noté $\rho(L)$ ou $\rho(D)$.
3. Si la réflexion est due à un défaut, déterminer la nature de ce défaut et sa distance D par rapport au début de ligne.
Si la réflexion a lieu en bout de ligne, déterminer la valeur de l'impédance Z_u située en bout de ligne.

❖ **Représentation temporelle 01 :**

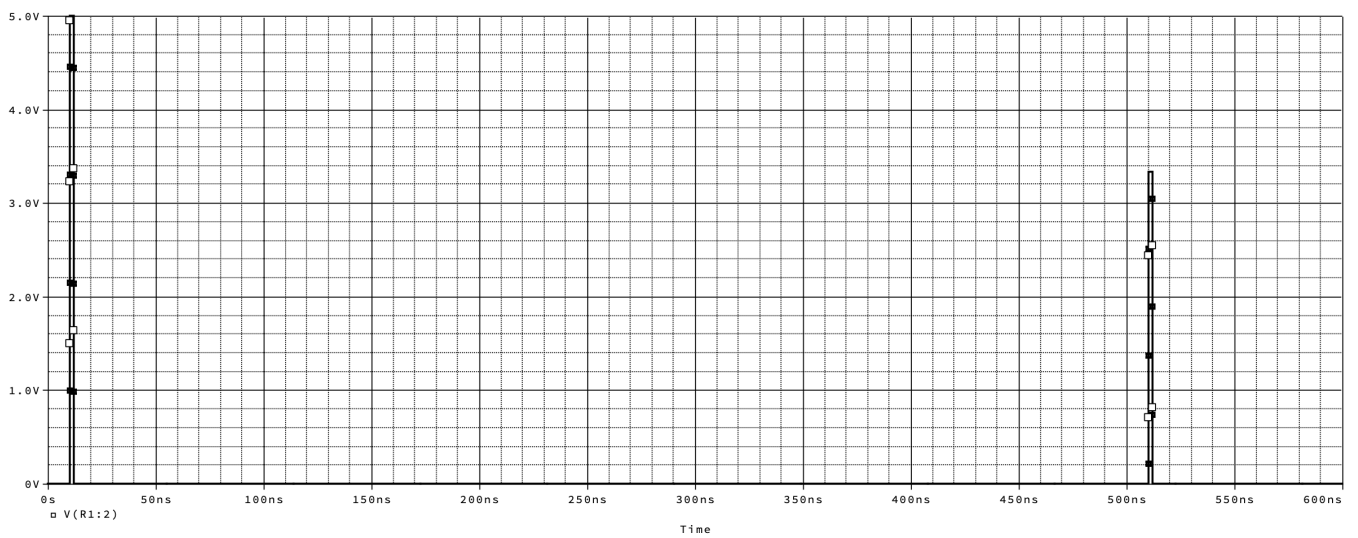
❖ Représentation temporelle 02 :



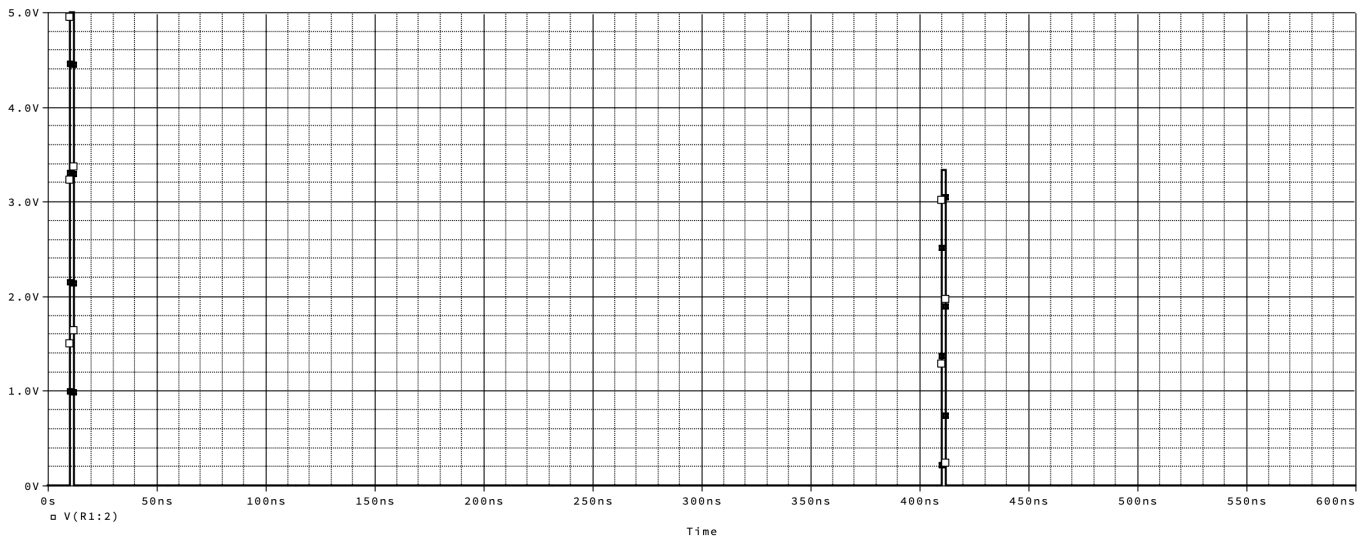
❖ Représentation temporelle 03 :



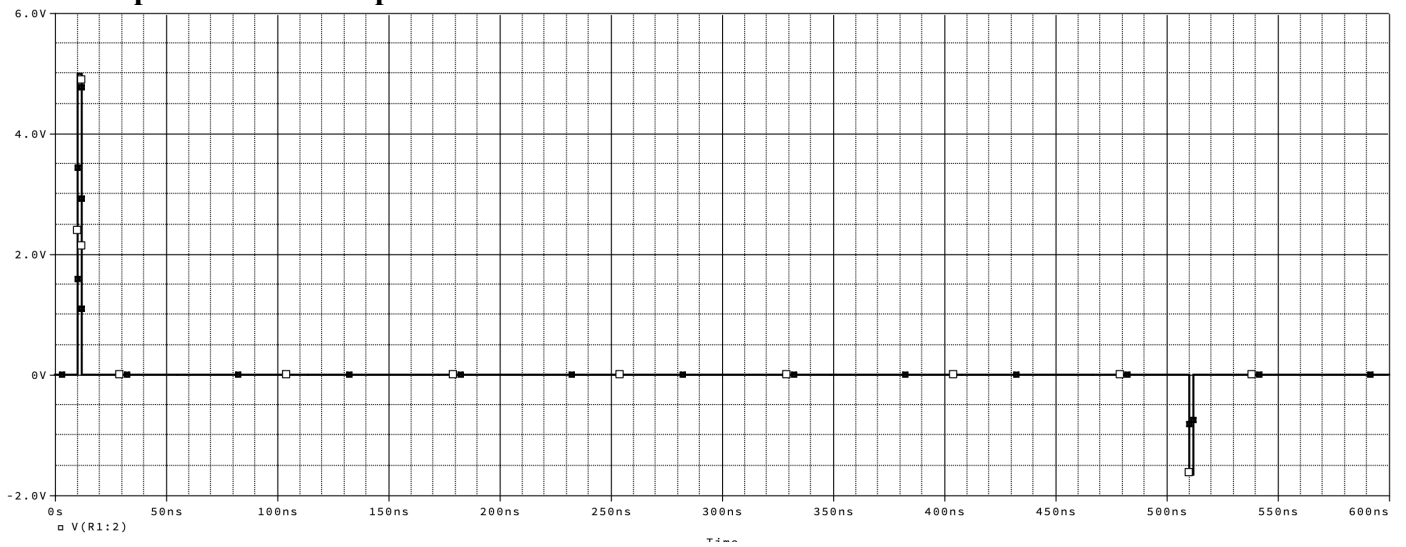
❖ Représentation temporelle 04 :



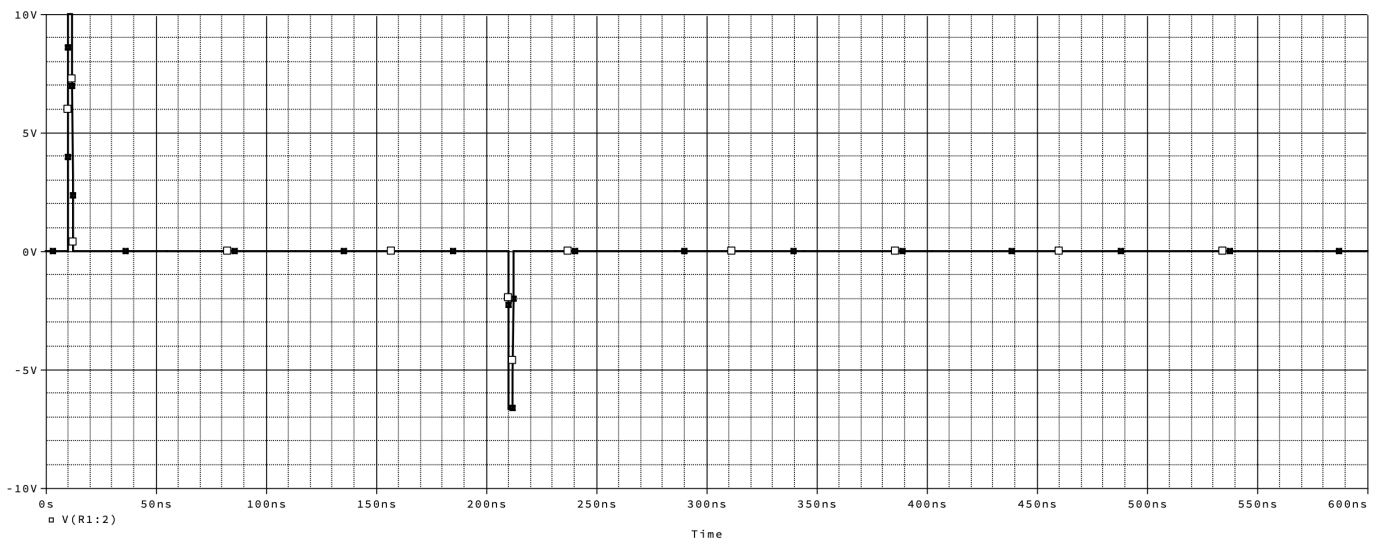
❖ Représentation temporelle 05 :



❖ Représentation temporelle 06 :



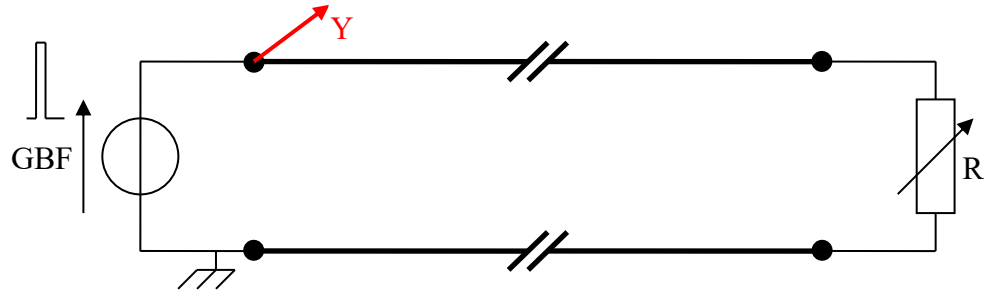
❖ Représentation temporelle 07 :



Exercice 3 : d'après BTS SNEC 2017

La communication de données entre la centrale de sécurité et l'extérieur se fait par le réseau informatique Ethernet 100BASE-TX du barrage hydroélectrique.

Afin de valider certaines caractéristiques des câbles Ethernet utilisés sur le réseau informatique de la centrale, on émet un signal impulsionnel à l'entrée d'une des 4 paires torsadées, d'une longueur de $L = 25m$, refermée sur une résistance R de valeur variable.



Dispositif de mesure sur une paire torsadée

Les chronogrammes de la **figure 1** et de la **figure 2** ci-après ont été obtenus en entrée de la ligne pour deux valeurs de résistance R :

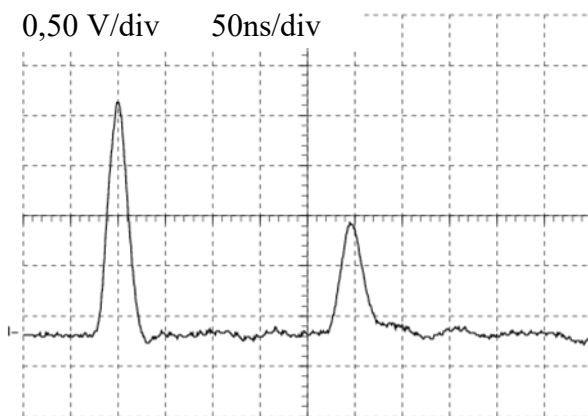


Figure 1 - $R = 300 \Omega$

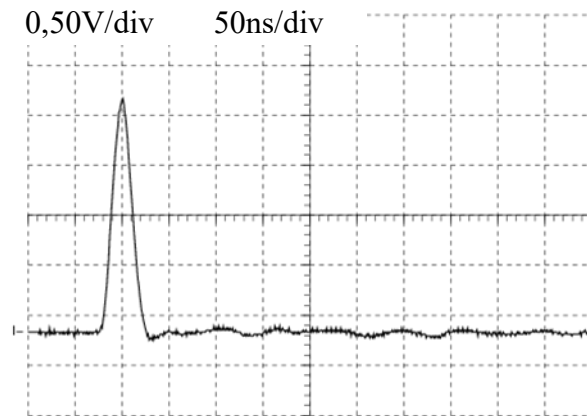


Figure 2 - $R = 104 \Omega$

On rappelle que la célérité d'une onde EM dans le vide vaut $c = 3,0 \times 10^8 m/s$.

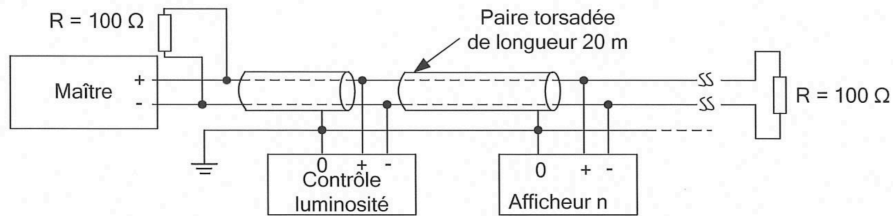
1. Donner, en la justifiant, la valeur de l'impédance caractéristique de la ligne Z_C à partir de ces chronogrammes.
2. Déterminer la vitesse de propagation v du signal dans la paire torsadée en utilisant le chronogramme approprié.
3. En déduire la valeur de ϵ_r , la permittivité relative au vide du milieu isolant constituant ce câble.
4. Déterminer la valeur du coefficient de réflexion $\rho(L)$ en bout de ligne pour la figure 1.

Le signal transporté par ce câble a pour fréquence $f = 100 MHz$.

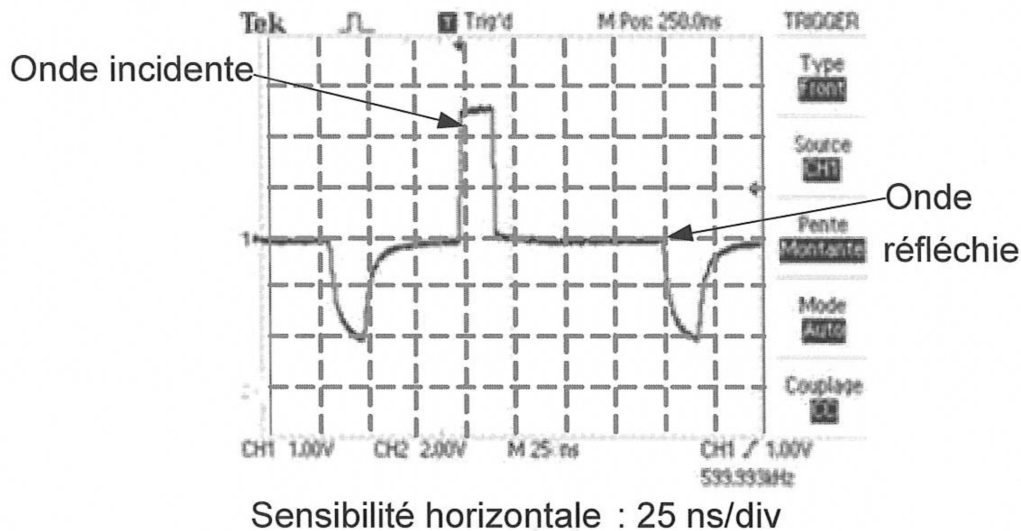
5. Déterminer si l'on doit tenir compte des phénomènes de propagation pour ce signal.

Exercice 4 : d'après BTS SNIR 2016

Une fois l'intensité lumineuse mesurée par une carte « contrôle de luminosité », la transmission de l'information jusqu'à la carte maître se fait par une liaison série RS485 en half-duplex. Le canal de transmission est une paire torsadée comme indiqué sur la figure suivante :



Lors du transfert des données, le technicien relève des incohérences. Après vérifications, il s'avère que le problème est dû à un défaut sur la ligne. Il teste alors celle-ci en appliquant un train d'impulsions à l'entrée de la ligne qui génère une onde. Il observe sur un oscilloscope branché en début de ligne, l'onde incidente et des éventuelles ondes réfléchies comme indiqué sur la figure suivante :



1. Donner la valeur de l'impédance caractéristique de cette ligne, sachant que la charge est adaptée à la ligne.

Le coefficient de vélocité de la ligne est le rapport de la vitesse des ondes dans la ligne sur la vitesse des ondes dans le vide. Pour cette ligne, il vaut 0,54 . On rappelle que la célérité des ondes électromagnétiques dans l'air et le vide est $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

2. Déterminer la vitesse de propagation v de l'onde sur la ligne.
3. Préciser si le défaut sur la ligne est dû à un circuit ouvert ou à un court-circuit. Puis mesurer le retard Δt entre l'onde incidente et l'onde réfléchie.
4. En déduire la distance d entre le début de ligne et le défaut.

Exercice 5 : ondes stationnaires sur une ligne, la catastrophe

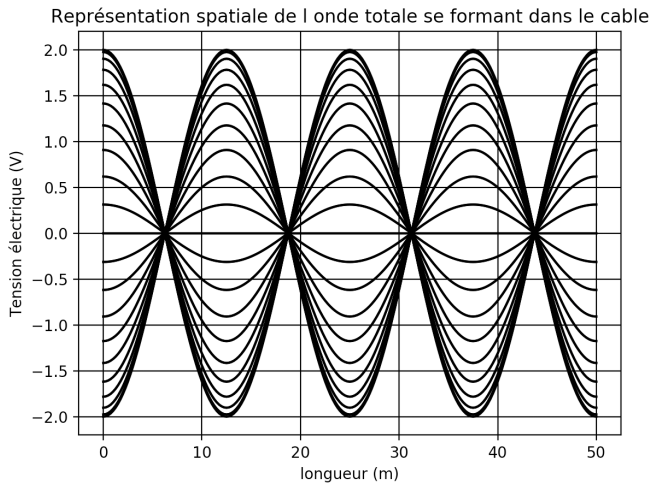
Un câble HDMI sans pertes, d'impédance caractéristique $Z_C = 50 \Omega$ est alimentée par une source de tension de résistance interne $R_1 = 50 \Omega$ délivrant un signal sinusoïdal de fréquence f . Cette ligne de longueur $l = 50,0 \text{ m}$, est terminée (en bout de ligne) par une résistance R .

On donne $\epsilon_r = 2,52$: permittivité relative au vide du milieu isolant constituant ce câble.

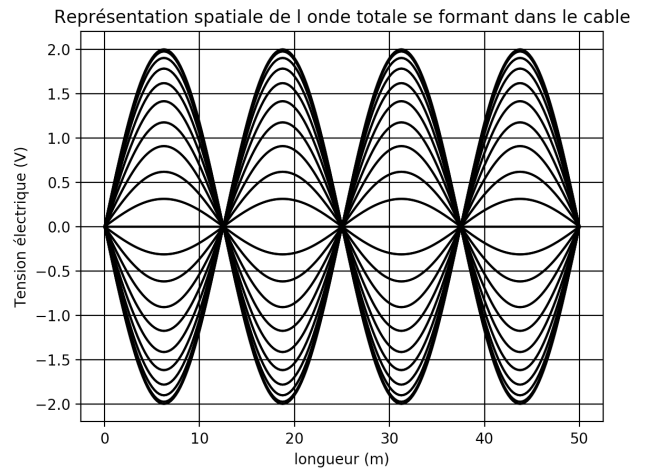
1. Calculer la valeur de la fréquence f_1 du mode propre de rang $n = 1$ de la ligne de transmission.
2. Déterminer si l'on doit tenir compte des phénomènes de propagation pour un signal dont la fréquence f correspond au mode propre de rang 4 de la ligne.

Dans un premier temps, on prend $R = 0 \Omega$ en bout de ligne.

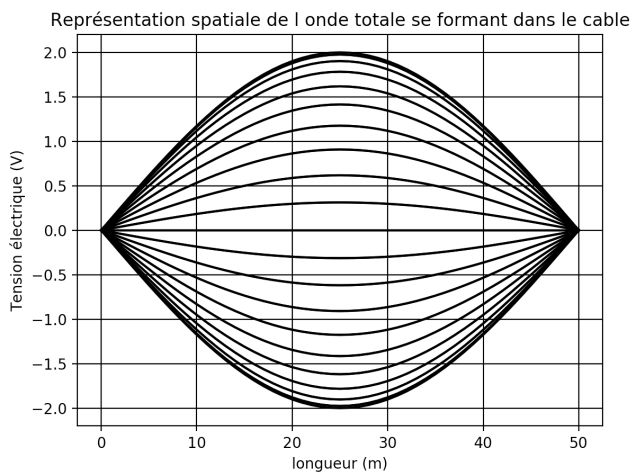
3. Calculer la valeur du coefficient de réflexion $\rho(l)$. En déduire quel type d'onde (stationnaire ou progressive) va se former dans la ligne.
4. Choisir parmi les représentations spatiales de l'onde suivantes, celle correspondant à la situation étudiée. On justifiera sa réponse.



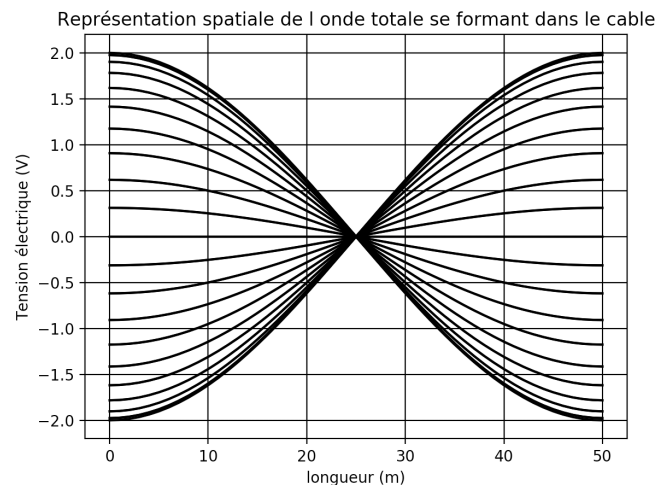
Cas A



Cas B



Cas C

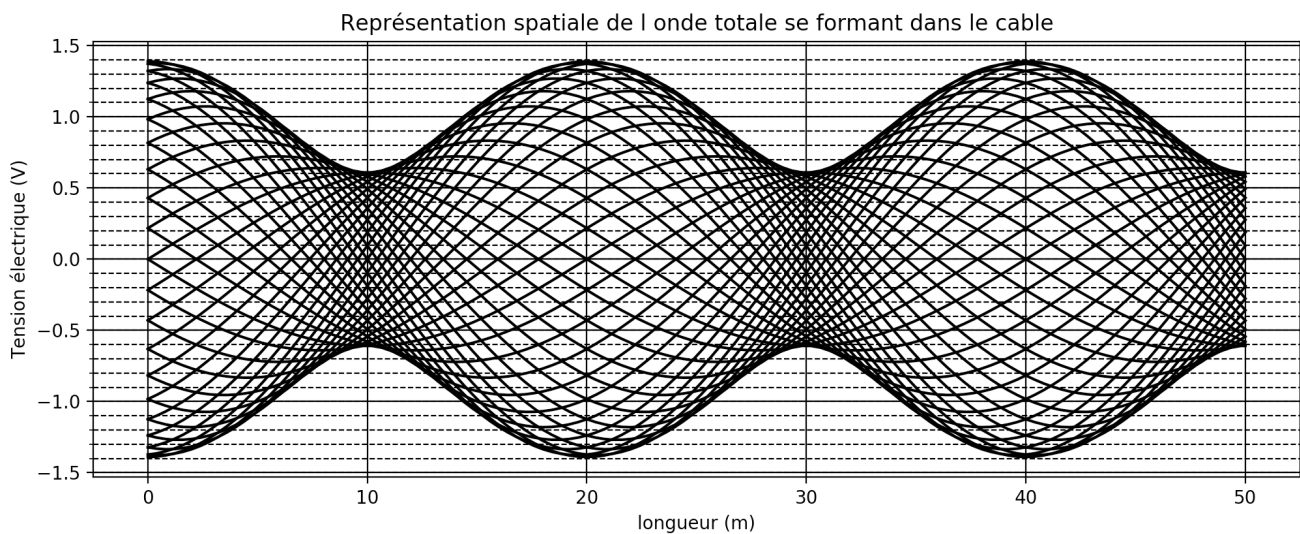


Cas D

La fréquence du signal d'entrée est à présent $f = 4,725 \text{ MHz}$, avec toujours $R = 0 \Omega$ en bout de ligne.

5. Va-t-on observer une onde possédant des nœuds et des ventres de vibration le long de la ligne ?
6. Va-t-on observer un mode propre de la ligne ?

Dorénavant la résistance en bout de ligne R possède une valeur inconnue. La représentation spatiale de l'onde le long de la ligne est la suivante :



7. La fréquence du signal d'entrée est-elle toujours égale à $f = 4,725 \text{ MHz}$? Justifier votre réponse.

8. Déterminer la valeur du taux d'ondes stationnaires. En déduire le type d'onde (stationnaire/progressive) observée ici
9. En déduire la valeur du coefficient de réflexion $\rho(l)$.
10. En déduire la valeur de R .
11. Cette ligne est-elle adaptée ? Justifier.

Partie B : Analyse de la liaison RS485 existante

Problématique : vérification du respect du cahier des charges de la transmission filaire entre la LASERBOARD et la caméra PTZ.

La liaison entre la carte LASERBOARD et la caméra PTZ (Pan Tilt Zoom) est assurée à l'aide d'un câble conçu pour la transmission de données numériques.

Le cahier des charges impose trois conditions sur la liaison filaire entre le Laser ALS et la caméra PTZ :

- Le temps de détection doit être inférieur à 1 s.
- L'écart entre les niveaux de tension des signaux représentant les deux niveaux logiques doit être supérieur à 4 V à la sortie du câble pour un bon décodage de la trame, lorsque le signal d'entrée varie entre + 4 V et - 4V.
- Les caractéristiques données par les documents techniques doivent être validées à moins de 5 % près par les mesures.

La longueur du câble peut atteindre 200 m et ses principales caractéristiques, issues de la documentation du constructeur, sont présentées à la figure 3 ci-dessous :

REQUIREMENTS AND TEST METHODS

Electrical:

Nominal resistance conductor	78.7 Ω /km
Nominal resistance shield	11.0 Ω /km
Nominal capacitance conductor to conductor	42.0 pF/m
Nominal capacitance conductor to shield + other cond.	75.5 pF/m
Nominal impedance @ 1 MHz	120 Ω
Nominal velocity of propagation	66 %
Nominal attenuation @ 1 MHz	1.97 dB/100m

Figure 3 : Extrait de la documentation constructeur du câble

Le câble étant enterré sous la piste recevant les avions, le technicien veut vérifier les caractéristiques annoncées à l'aide de deux tests simples, dont le schéma de câblage est présenté sur la figure 4 :

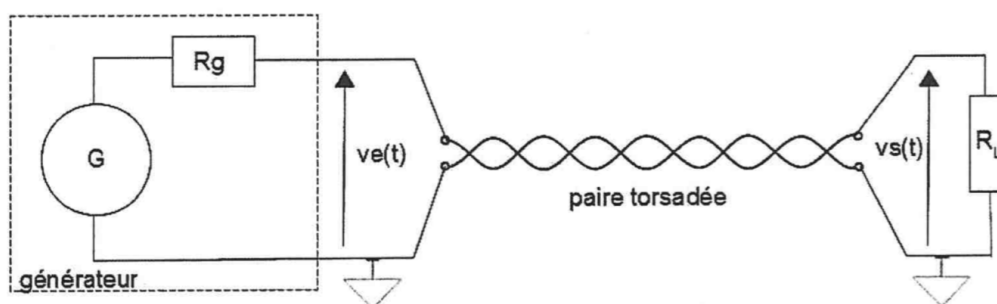


Figure 4 : schéma du circuit pour les deux tests.

Test impulsionnel : la tension issue du générateur, notée $v_e(t)$ est un signal impulsionnel compris entre 0 et 5 V, dont la fréquence vaut 200 kHz et le rapport cyclique vaut 5 %.

La paire différentielle torsadée possède une résistance caractéristique, notée R_c , qui vaut 120Ω .

La ligne est adaptée.

Q53. Indiquer alors la valeur de la résistance de charge R_L .

Q54. Justifier le fait que la ligne doit être adaptée dans le système en fonctionnement.

L'évolution des tensions $v_e(t)$ et $v_s(t)$ est présentée sur les chronogrammes ci-dessous :

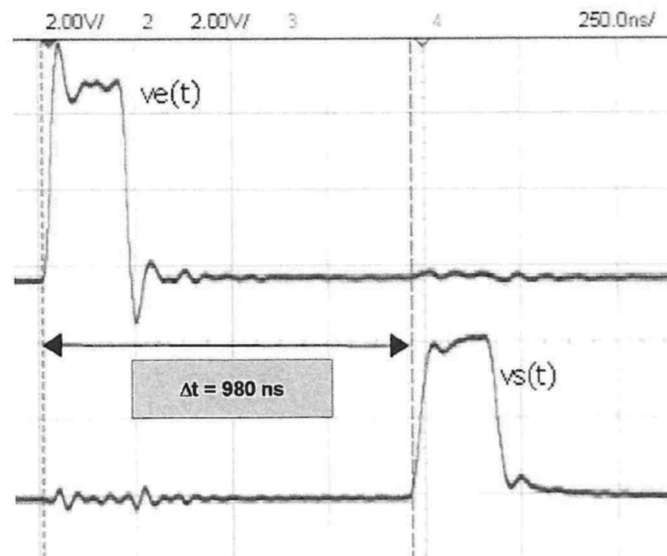
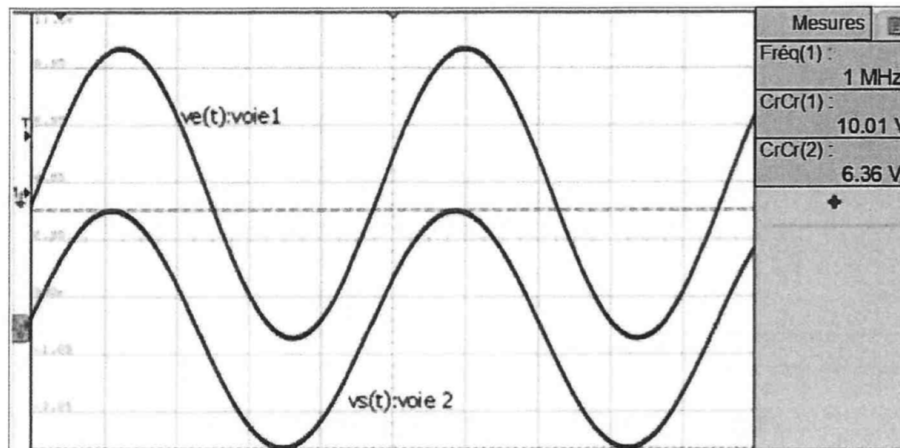


Figure 5 : chronogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$ (test impulsionnel).

- Q55.** Déterminer la vitesse de propagation v_{mes} du signal sur la ligne en s'aidant des mesures indiquées sur la figure 5, la longueur de la ligne, notée L , valant 200 m.
- Q56.** Montrer que la valeur de la vitesse de propagation donnée par le constructeur, v_{constr} est égale à : $v_{constr} = 1,98 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ en utilisant le document de la figure 3.
- Q57.** Conclure sur la compatibilité de ces deux valeurs en rappelant le critère correspondant du cahier des charges.

Test d'atténuation : le même schéma (figure 4) est conservé mais $v_e(t)$ est un signal sinusoïdal dont la fréquence vaut 1 MHz et l'amplitude, notée \widehat{V}_e vaut 5 V. Les chronogrammes de la figure 6 présentent les deux tensions $v_e(t)$ et $v_s(t)$ obtenues lors de ce test.



CrCr = tension crête à crête

Figure 6 : chronogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$ (test d'atténuation)

On rappelle que l'atténuation en dB est définie par : $A_{dB} = 20 \times \log\left(\frac{\widehat{V}_e}{\widehat{V}_s}\right)$.

- Q58.** Calculer la valeur numérique de l'atténuation et comparer cette valeur à celle indiquée dans le document constructeur de la figure 3.
- Q59.** Montrer, en utilisant cette valeur, que l'amplitude du signal recueilli à la sortie de la paire torsadée est de $\widehat{V}_s = 2,54$ V lorsqu'on place un signal d'amplitude $\widehat{V}_e = 4$ V en entrée.
- Q60.** Conclure sur le respect du cahier des charges en analysant les trois critères.

À la suite de travaux de terrassement sur la piste où sont rangés les avions, on constate des dysfonctionnements sur la transmission et on veut détecter la panne. Le technicien travaille par réflectométrie, c'est-à-dire qu'il envoie un signal impulsionnel à l'entrée du câble et qu'il mesure la tension $v_e(t)$ pour détecter d'éventuelles réflexions dues à un défaut.

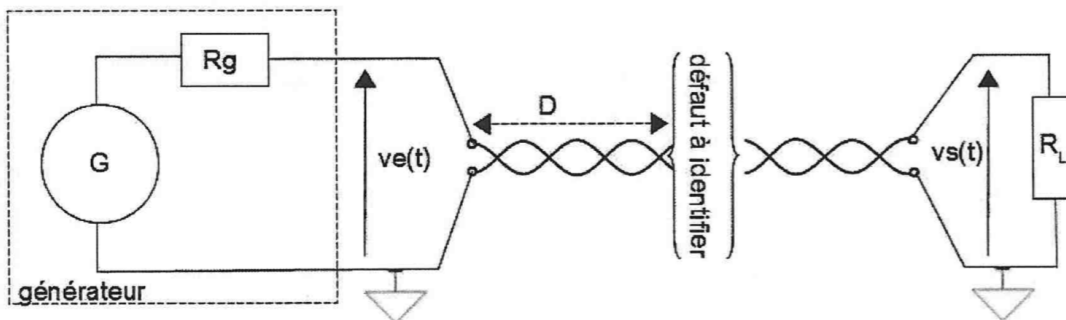


Figure 7 : schéma du test de réflectométrie.

D est la distance inconnue entre le début du câble et le défaut (voir figure 7).

Le chronogramme obtenu par le technicien est donné sur la figure 8 ci-dessous :

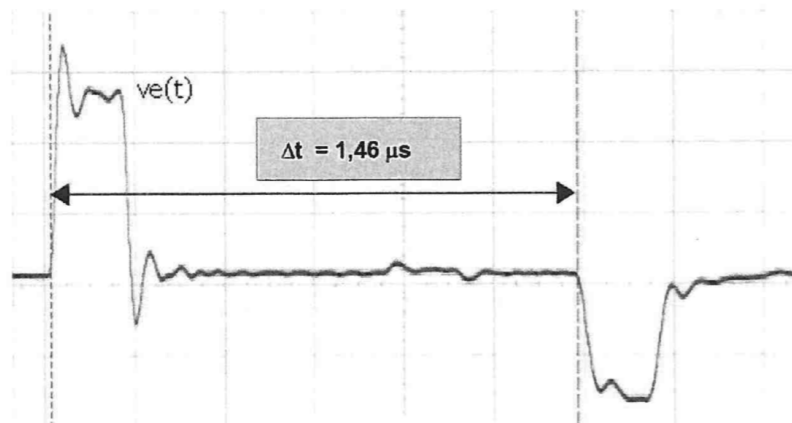


Figure 8 : chronogramme de $v_e(t)$ (test de réflectométrie)

- Q61.** Exprimer littéralement la relation entre D , Δt et la vitesse v_{const} du signal dans le câble. En déduire la valeur numérique de la distance D .
- Q62.** Préciser si le défaut est un court-circuit ou un circuit ouvert en justifiant votre réponse.